

BUSHING FOR CRAWLER AND MANUFACTURE THEREOF

A

Publication number: JP6329056

Publication date: 1994-11-29

Inventor: ANDO HARUHIKO; OKAWA KAZUhide; TAGAWA TOMIHIRO

Applicant: KOMATSU MFG CO LTD

Classification:

- International: B62D55/21; C21D9/00; B62D55/20; C21D9/00; (IPC1-7): B62D55/21; C21D9/00

- European:

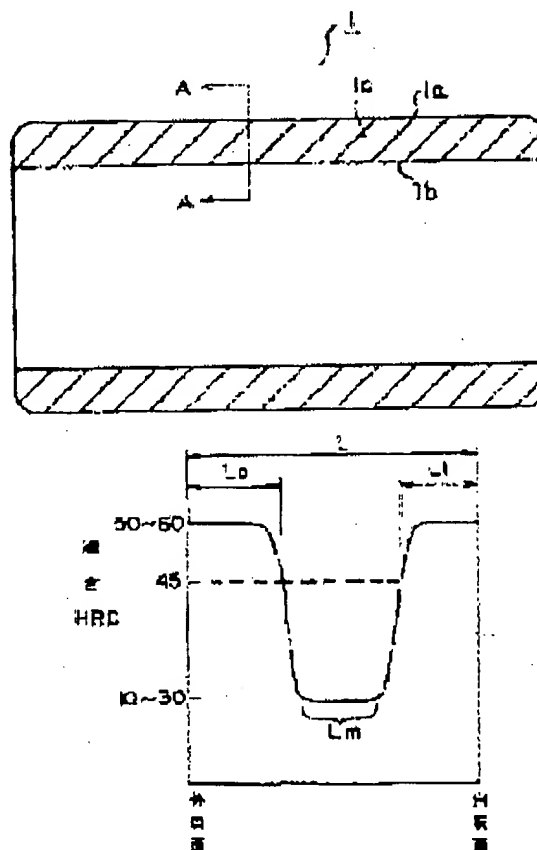
Application number: JP19930142539 19930524

Priority number(s): JP19930142539 19930524

Report a data error here

Abstract of JP6329056

PURPOSE: To improve toughness and simplify an annealing process by forming hardened layers toward the thick wall center part from the outer and inner peripheral surface of a bushing by high frequency quenching, and making the hardness before the high frequency quenching remain at the thick wall center part. **CONSTITUTION:** High frequency quenching is applied toward the thick wall center part 1c from the outer peripheral surface 1a and inner peripheral surface 1b of a bushing 1 so as to form hardened layers, and at the same time, a base material part with the hardness of rolled material or the like before the high frequency quenching remains at the thick wall center part 1c between the hardened layers of the inner and outer peripheral surface 1a, 1b. Hardness distribution between the inner and outer peripheral surface 1a, 1b between the cross section A-A is high at the part of outer peripheral hardened thickness L_o and inner peripheral hardened thickness L_i and low at the base material part L_m of the thick wall center part 1c so as to form approximately U-shape. Quench distortion is thereby reduced, and the process of annealing, finish-machining, and the like after quenching can be omitted while heightening fatigue strength.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-329056

(43) 公開日 平成 6 年 (1994) 11 月 29 日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 6 2 D 55/21	Z			
C 2 1 D 9/00	Z	9352-4K		

審査請求 未請求 請求項の数 7 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平5-142539

(22) 出願日 平成 5 年 (1993) 5 月 24 日

(71) 出願人 000001236

株式会社小松製作所
東京都港区赤坂二丁目 3 番 6 号

(72) 発明者 安藤 晴彦

大阪府枚方市上野 3-1-1 株式会社小
松製作所大阪工場内

(72) 発明者 大川 和英

大阪府枚方市上野 3-1-1 株式会社小
松製作所大阪工場内

(72) 発明者 田川 富啓

大阪府枚方市上野 3-1-1 株式会社小
松製作所大阪工場内

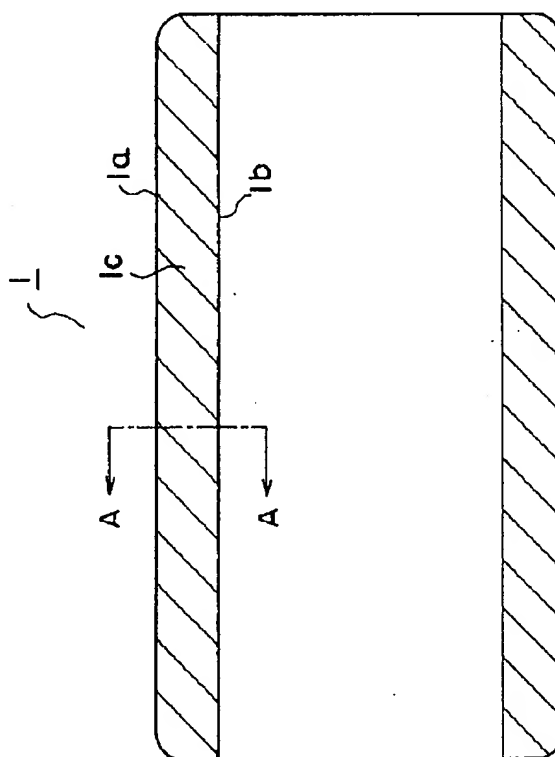
(74) 代理人 弁理士 橋爪 良彦

(54) 【発明の名称】 履帯用ブッシングおよびその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 疲労強度などが高品質な履帯用ブッシングを安価に提供する。

【構成】 ブッシング (1) の外周面 (1 a) および内周面 (1 b) から肉厚心部 (1 c) に向かって、それぞれ高周波焼入れによる硬化層が形成されていると共に、両硬化層の間の肉厚心部 (1 c) には、高周波焼入れ前の圧延素材、焼なまし素材および焼ならし素材などの硬さが残存した素地部を有しており、断面 A-A 間で測定した内外周面間の硬さ分布が略 U 字形である。



1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ブッシング(1)の外周面(1a)および内周面(1b)から肉厚心部(1c)に向かって、それぞれ高周波焼入れによる硬化層が形成されていると共に、両硬化層の間の肉厚心部(1c)には、高周波焼入れ前の圧延素材の硬さが残存した素地部(Lm)を有しており、内外周面間の硬さ分布が略U字形であることを特徴とする履帯用ブッシング。

【請求項2】 高周波焼入れ前の圧延素材の硬さは、高周波焼入れ前の焼なまし素材あるいは焼ならし素材の硬さである請求項1に記載の履帯用ブッシング。

【請求項3】 高周波焼入れにおける外周面(1a)からの外周硬化層厚さ(Lo)と内周面(1b)からの内周硬化層厚さ(Li)とを加えた硬化層厚さは、ブッシング肉厚(L)に対して0.35~0.7である請求項1又は請求項2記載の履帯用ブッシング。

【請求項4】 (イ) 圧延素材をブッシング粗加工材にする機械加工を施す第1工程、(ロ) 前記ブッシング粗加工材の外周面に高周波焼入れを施し、外周硬化層を形成すると共に、内周面側は圧延素材の硬さである第2工程、(ハ) 前記ブッシング粗加工材の外周面を冷却しつつ、内周面に高周波焼入れを施し、内周硬化層を形成すると共に、残存する前記外周硬化層と内周硬化層との間の素地部は圧延素材の硬さである第3工程、(ニ) 焼戻しする第4工程、(ホ) 仕上げ加工する第5工程、以上の工程からなることを特徴とする履帯用ブッシング製造方法。

【請求項5】 (ロ) は、前記ブッシング粗加工材の内周面に高周波焼入れを施し、内周硬化層を形成すると共に、外周面側は圧延素材の硬さである第2工程、であり、(ハ) は、前記ブッシング粗加工材の内周面を冷却しつつ、外周面に高周波焼入れを施し、外周硬化層を形成すると共に、残存する前記内周硬化層と外周硬化層との間の素地部は圧延素材の硬さである第3工程、である構成からなる請求項4記載の履帯用ブッシング製造方法。

【請求項6】 圧延素材は焼なまし素材あるいは焼ならし素材である請求項4又は5記載の履帯用ブッシング製造方法。

【請求項7】 (ニ) 焼戻しする第4工程と、(ホ) 仕上げ加工する第5工程との2工程において、少なくとも1工程を省略する請求項4~6のいずれか1項に記載の履帯用ブッシング製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、履帯用ブッシングおよびその製造方法に係わり、特に建設機械などの機械的特性が要求される部位に適用するに好適な履帯用ブッシングおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、建設機械などに使用され、耐摩耗性、強度など機械的特性が要求される履帯用ブッシングあるいはその製造方法は次のものが知られている。

(イ) 中炭素低合金鋼の圧延素材に機械加工などを施し、電気炉などで約850℃加熱後油焼入れを行い、次に600℃前後で焼戻しを行うことで、履帯用ブッシング粗加工材の素地硬さをロックウェル硬さのCスケールHRCで30程度に調整している。その後、外周面および内周面にそれぞれ高周波焼入れを施し、履帯用ブッシング粗加工材の内外周側に硬さHRCが45程度以上の硬化層を形成させ、内部の肉厚心部は前記焼戻しの硬さを維持した素地硬さ部である。次に電気炉などで200℃程度の低温焼戻しを行い、仕上げ加工を施して履帯用ブッシングとする。

【0003】 (ロ) ブッシングの外周面および内周面から肉厚中心部に向かってそれぞれ高周波焼入れ部が形成されており、両高周波焼入れ部の間の肉厚心部に、表面硬化前の調質を施すことなく、焼戻し部が形成されており、内外周面間の硬さ分布がほぼV字状となっている(例えば、特公昭63-16314号公報)。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来の履帯用ブッシングあるいはその製造方法には次のような問題点がある。すなわち、上記(イ)は、高周波焼入れ前に調質を目的とする油焼入れと焼戻しとの2工程があり、多大なエネルギーと時間を要する。さらに、油焼入れは、焼入れ時期、油の温度・汚れなど多くの管理を必要とする。また、(ロ)は、調質の2工程が無いものの、外周面の高周波焼入れ時に内周面まで高温加熱をするため、通常の方法の一つである(イ)に比して前記加熱工程では大きなエネルギーを必要とする。さらに、履帯用ブッシングの肉厚が厚い場合には、エネルギーの点でより不経済となる。

【0005】 本発明は、上記従来技術の問題点に着目し、調質工程を省略あるいは簡略化し、肉厚の厚い履帯用ブッシングでも多大なエネルギーを不要とし、かつ、機械的特性等の品質が従来品と同等以上である履帯用ブッシングおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、本発明に係わる履帯用ブッシングにおいて、第1発明は、ブッシング(1)の外周面(1a)および内周面(1b)から肉厚心部(1c)に向かって、それぞれ高周波焼入れによる硬化層が形成されていると共に、両硬化層の間の肉厚心部(1c)には、高周波焼入れ前の圧延素材の硬さが残存した素地部(Lm)を有しており、内外周面間の硬さ分布が略U字形であることを特徴とする。第2発明は、第1発明において、高周波焼入れ前の圧延素材の硬さは、高周波焼入れ前の焼なまし素材ある

いは焼ならし素材の硬さである。第3発明は、第1発明又は第2発明において、高周波焼入れにおける外周面(1a)からの外周硬化層厚さ(Lo)と内周面(1b)からの内周硬化層厚さ(Li)とを加えた硬化層厚さは、ブッシング肉厚(L)に対して0.35~0.7である。

【0007】さらに、本発明に係わる履帯用ブッシングの製造方法において、第4発明は、(イ)圧延素材をブッシング粗加工材にする機械加工を施す第1工程、

(ロ)前記ブッシング粗加工材の外周面に高周波焼入れを施し、外周硬化層を形成すると共に、内周面側は圧延素材の硬さである第2工程、(ハ)前記ブッシング粗加工材の外周面を冷却しつつ、内周面に高周波焼入れを施し、内周硬化層を形成すると共に、残存する前記外周硬化層と内周硬化層との間の素地部は圧延素材の硬さである第3工程、(ニ)焼戻しする第4工程、(ホ)仕上げ加工する第5工程、以上の工程からなることを特徴とする。

【0008】第5発明は、第4発明において、(ロ)は、前記ブッシング粗加工材の内周面に高周波焼入れを施し、内周硬化層を形成すると共に、外周面側は圧延素材の硬さである第2工程、であり、(ハ)は、前記ブッシング粗加工材の内周面を冷却しつつ、外周面に高周波焼入れを施し、外周硬化層を形成すると共に、残存する前記内周硬化層と外周硬化層との間の素地部は圧延素材の硬さである第3工程、である構成からなる。第6発明は、第4発明又は第5発明において、圧延素材は焼なまし素材あるいは焼ならし素材である。第7発明は、第4発明乃至第6発明のいずれか1発明において、(ニ)焼戻しする第4工程と、(ホ)仕上げ加工する第5工程との2工程において、少なくとも1工程を省略する。本発明に係わる履帯用ブッシングおよびその製造方法は、以上の構成とした。

【0009】

【作用】上記構成による本発明の作用を図面を参照しつつ説明する。図1に本発明の履帯用ブッシングの断面を示す。外周面1aおよび内周面1bから肉厚心部1cに向かってそれぞれ図示しない硬化層が形成される。該断面のA-A間で測定したブッシング1の断面硬さ分布を模式的に図2に示す。図2において、内外周面側には、それぞれ硬さHRC45以上の内外周硬化層が形成され、外周硬化層厚さLoと内周硬化層厚さLiを要求される厚さにすることで、履帯用ブッシングの長期耐摩耗性を得る。また、硬化層の主たる組織であるマルテンサイトは、高周波焼入れ時に膨張変態してできる組織であ

り、肉厚心部の素地部Lmは未変態であるため、ブッシングには図3に模式的に示す残留応力分布が生じる。内周面および外周面には圧縮残留応力が生じており、ブッシングに加わる負荷に耐えるための疲労強度が向上する。

【0010】また、本発明において、圧延素材等を使用することは、高周波焼入れ前の油焼入れと焼戻しとの工程を省略あるいは簡略化するだけでなく、圧延素材などの硬さが残存した素地部(Lm)の硬さが低いことでもあり、このことがブッシングの内外周面の圧縮残留応力を大きくする作用がある。また、素地部(Lm)を厚くすることは内外周面の圧縮残留応力を大きくする方向になるが、厚くなり過ぎると、長期使用時にこの圧縮残留応力が減衰する。すなわち、内外周硬化層厚さの合計がブッシング肉厚に対して0.35~0.7にすることで、長期使用でも内外周面の圧縮残留応力を維持できる。これらのことから、ブッシングの断面硬さ分布は略U字形であることが必要である。

【0011】さらに、高周波焼入れ前の油焼入れと焼戻しとの工程を省略あるいは簡略化による、焼入れ歪みの低減がある。これにより、仕上げ加工の工程を省略できる。また、ブッシングの断面硬さ分布は略U字形であると共に素地部の硬さが低いので、ブッシングの靱性も向上する。したがって、高周波焼入れ後の焼戻し工程を省略できる。以上のことから、本発明は優れた作用に基づくことが明らかである。

【0012】

【実施例】以下に、本発明に係わる履帯用ブッシングおよびその製造方法の実施例につき、図面を参照して詳細に説明する。本発明が適用される建設機械などの履帯の概要を図4に示す。ブッシング1は、外周面が図示しない起動輪と噛合し、内周面がピン12と摺動接触し、さらに両端がダストシール14と摺動接触する。ブッシング1とピン12とのそれぞれ1部がリンク13a、13bに嵌合し、リンク13a、13bはボルト16およびナット17によりシュー15に配設される。履帯11は多数のリンク13a、13bをピン12で鎖状に連結して構成される。

【0013】次に、本発明の製造方法により製造される履帯用ブッシングについて、工程に基づき説明する。

(実施例1) 本実施例で使用した中炭素低合金鋼の供試材含有成分を表1に示す。

【0014】

【表1】

供試材含有成分 (重量%)								
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	Cu	B
0.41	0.24	0.74	0.016	0.009	0.99	0.03	0.1	0.0021

【0015】第1工程において、前記中炭素低合金鋼を筒状の圧延素材とし、機械加工等を施したブッシング粗加工材（外径59mm、内径38mm、長さ138.5mm）を用意する。この圧延素材の断面のビッカース硬さHv（荷重は5kg。以下も同じ荷重で測定。）は230～240であり、ロックウェル硬さHRCへの近似的換算値は18～22となる。なお、硬さ測定はビッカース硬さ計を使用した。以下の説明ではロックウェル硬さHRCへの近似的換算値で述べる。機械加工後の硬さ分布は圧延素材と同様である。

【0016】次に、第2工程において、該ブッシング粗加工材の軸線を中心にして回転させつつ移動させ、その外周面を、周波数10kHz、出力150kwの高周波誘導電流により加熱し、所定加熱後ただちに5%ソリブル溶液をスプレーして焼入れを行う。この5%ソリブル溶液は市販のもので良い。焼入れ後のブッシング粗加工材の断面硬さ分布を図5に示す。外周面側に破線で示す硬さHRC45以上の硬化層が形成されており、肉厚心部から内周面間の硬さは圧延素材の硬さと同様である。

【0017】続いて、第3工程において、前記焼入れ済のブッシング粗加工材の軸線を中心にして回転させつつ移動させ、その外周面を5%ソリブル溶液にて冷却すると共に、該ブッシング粗加工材の内周面を周波数30kHz、出力150kwの高周波誘導電流により加熱し、所定加熱後ただちに5%ソリブル溶液をスプレーして焼入れを行う。ブッシング粗加工材の肉厚心部には圧延素材の硬さである素地部があり、内外周面間の硬さ分布は略U字形である。なお、硬さ分布は第5工程の仕上げ加工後とほぼ同じであり省略する。

【0018】続いて、第4工程において、焼入れの完了したブッシング粗加工材を電気炉にて180℃で焼戻しを行う。なお、焼戻し温度は、焼入れされたブッシング粗加工材の表面組織である焼入れマルテンサイトを焼戻しマルテンサイト組織にする温度を選定すれば良く、180℃に限定するものではない。また、この焼戻しは、靱性が低く不安定な焼入れマルテンサイトを改善するための熱処理であるから、衝撃など機械的負荷の小さい部位に適用する場合はこの焼戻しを省略することが出来る。また本発明は、素地部の硬さが低く、全体として靱性が高いことから、本工程は省略してよい。加熱は、電気あるいはガス等での加熱、誘導加熱など通常の方法で行えば良い。

【0019】そして、第5工程において、研磨加工による仕上げ加工を行い、最終製品となる。本工程を終了し

た最終製品である本発明のブッシングの硬さ分布を図6に示す。内外周面間の硬さ分布は略U字形であり、素地部の硬さHRCは17～20、内周側と外周側との合計硬化層厚さは、ブッシング肉厚に対し0.59である。なお、本実施例では仕上げ加工を行ったが、仕上げ加工前のブッシング外径寸法のバラツキの幅は、下記比較例で説明する従来法を1とすると、本発明は0.45と大幅に改善されており、本工程は省略してよい。

【0020】（比較例）比較例として、従来法の一方法を行う。第1工程において、実施例1と同じブッシング粗加工材を用い、電気炉で860℃加熱後油焼入れを行い、570℃で焼戻す。硬さHRCは28～31である。第2工程の外周面高周波焼入れ、第3工程の内周面高周波焼入れおよび第4工程の焼戻しはいずれも実施例1と同じ条件で行った。そして、第5工程も実施例1と同様に研磨加工を行い、最終製品とする。本工程後のブッシングの硬さ分布を図10に示す。内外周面間の硬さ分布は略U字形であり、素地部の硬さHRCは28～31、合計硬化層厚さはブッシング肉厚に対し0.58である。

【0021】上述の本発明である実施例1と従来法である比較例との履帯用ブッシングの品質に関し、詳細に説明する。建設機械での品質を推定すべく、両例に基づく履帯用ブッシングを製作し、テストベンチで疲労試験を行った。図7にベンチ疲労試験結果を示す。図7(a)において、縦軸のWは建設機械の車両1台分重量の負荷相当であり、印●は本発明品のデータ、印○は従来法品でのデータである。また、図7(b)は本試験で使用したベンチでの負荷方法の概要であり、治具21に支持された履帯用ブッシング1にプッシュロッド22を用い矢印23の方向に2Wの負荷を繰り返し加える。供試ブッシング本数は、本発明品でN=9、従来法品でN=3である。試験の結果、破損までの平均回数は、本発明品が 8.5×10^5 回、従来法品が 4.9×10^5 回である。したがって、本発明品は従来法品と比較して、約1.7倍もの疲労寿命を有していることが分かり、しかも全ての本発明品が従来法品と同等以上である。これは工程の違いに起因するものであり、図6と図10とに示すブッシングの断面硬さ分布に差異を生じる。この差異は素地部の硬さに顕著に表れ、本発明品の硬さHRCは17～20、従来法品のそれは28～31である。つまり、本発明品の肉厚心部の硬さが低いことが、内外周面の圧縮残留応力を大きくして、疲労強度が高くなることを示している。

7

【0022】（実施例2）実施例1の一部を変更して行った別の実施例について説明する。本実施例では、第1工程において、圧延素材を焼なまし素材、焼ならし素材等に変更し、素材硬さHRC10～30程度の範囲に入る、種々の水準の素材を使用する。第2工程において、移動速度など高周波焼入れ条件を種々変更し、外周面側の硬化層厚さを変化させる。第3工程において、高周波焼入れ条件を種々変更し、本工程で内周側に形成される内周硬化層厚さと第2工程で形成される外周硬化層厚さとの合計した硬化層厚さが、ブッシング粗加工材の肉厚に対して、0.35～0.7であり、かつブッシング粗加工材の肉厚心部には焼なまし素材、焼ならし素材等の硬さである素地部があり、内外周面間の硬さ分布は略U字形に調整する。以上の工程以外は実施例1と同様に行った。なお、実施例2を行う際、内周硬化層厚さと外周硬化層厚さとの合計した硬化層厚さが、ブッシング粗加工材の肉厚に対して、0.35～0.7以外のブッシングも製作した。

【0023】以上の実施例2の機械的特性に関し、図面を参照しつつ詳述する。なお、本発明について分かりやすくするため、合計した硬化層厚さがブッシング粗加工材の肉厚に対して0.35～0.7以外に関しても、含めて説明する。既述のブッシング断面硬さ分布図2において、ブッシング肉厚Lに対する、外周硬化層厚さL_oと内周硬化層厚さL_iとを加えた合計硬化層厚さの比を硬化層比 $(L_o + L_i) / L$ とする。実施例2で得られたブッシングについて、硬化層比をパラメータとする時の、内周面の円周方向残留応力を図8に示す。この残留応力はX線法により測定した。素地硬さHRC10および30について図示してあるが、素地硬さが10および30の範囲内にある場合は、図示の2曲線の間にある。前述のように、疲労強度を確保するためには圧縮残留応力が生じている方が有効であり、硬化層比が約0.7以下では内周面の円周方向残留応力は圧縮残留応力となる。また、イ)素地部の硬さの低い方が圧縮残留応力は大きくなり、ロ)硬化層比が大きすぎると残留応力は引張残留応力に転じる、ことも明らかになった。

【0024】また、実施例2で得られたブッシングについて、硬化層比をパラメータとする時の、残留応力減衰率を図9に示す。この残留応力減衰率は、建設機械などでの長期使用における、ブッシング内外周面の圧縮残留応力の低下、すなわち疲労強度の低下を推定できる。図9において、残留応力減衰率は、(初期のブッシング内周面の円周方向残留応力 σ_0 - 繰返し負荷後のブッシング内周面の円周方向残留応力) / σ_0 、より求めた。繰返し負荷条件は、ブッシング内周面の応力が1176N/mm²となる負荷で10000回の繰返しである。図中には素地硬さHRC10および30について示してあるが、素地硬さが10および30の範囲内にある場合は、図示の2曲線の間にある。この図より、硬化層

8

比が小さい場合、ブッシングに高負荷がかかると、素地部が降伏し、硬化層に生じている圧縮残留応力が開放され、減衰することが推察され、ハ)素地部の硬さが低いほど減衰しやすい、ニ)硬化層比が低いほど減衰しやすい、ホ)硬化層比をある程度以上大きくすれば素地部の硬さに関係なく減衰しない、等が明らかになる。したがって、長期使用における疲労強度が確保されるためには、残留応力減衰率が小さいか好ましくは0であることが必要であり、本実施例の硬化層比0.35以上であれば残留応力減衰率0を満足する。

【0025】したがって、前述の実施例2に関する円周方向残留応力および残留応力減衰率から、硬化層比は0.35～0.7が好ましいことが分かる。なお、該硬化層比の範囲は、高周波焼入れ前の種々の素材の硬さを包括する場合であり、素地硬さが低い場合、たとえば素地硬さHRC10で圧縮残留応力を得る為には硬化層比0.8以下であればよい。

【0026】以上、実施例1および2について詳述したが、履帯用ブッシングにおいて、圧延素材、焼なまし素材、焼ならし素材あるいは硬さHRC10～30程度の素材を使用し、内外周面に高周波焼入れを施し、必要に応じて焼戻しを行い、肉厚心部に素材硬さを残存した素地部を有する略U字形の硬さ分布とすればよい。また、硬化層比は好ましくは0.35～0.7にすると良い。

【0027】なお、材料は中炭素低合金鋼について開示したが、限定するものではなく、他の鋼でも良い。また、高周波焼入れ工程で、外周面焼入れを先に施したが、内周面焼入れを先に施しても同様の成果が得られる。

【0028】

【発明の効果】本発明は、以上説明したように構成されているので、以下に記載されるような効果を奏する。高周波焼入れ前の素材として、圧延、焼なましあるいは焼ならし等の素材が使用できるので、油焼入れ・焼戻しによる調質工程が省略あるいは簡略化され、工程の管理が容易になり、かつコストが改善されると共に、油焼入れでの歪みが小さくなり、仕上げ加工の省略も可能である。また、内外周側に硬化層を有し、肉厚心部に硬さの低い素材硬さを残存した素地部を有する略U字形の硬さ分布とすることで、内外周面の圧縮残留応力を大きくすることが容易となり、従来のブッシングと同程度以上の疲労強度を持つ高品質の履帯用ブッシングが得られる。前述した、硬さの低い素地部と略U字形の硬さ分布からブッシングの靱性が高く、高周波焼入れ後の焼戻し工程の省略が可能である。さらに、ブッシング肉厚に対する、外周硬化層厚さと内周硬化層厚さとを加えた合計硬化層厚さの比である硬化層比は、0.35～0.7と広範囲で高品質の履帯用ブッシングが得られるので、厚肉なブッシングの場合、硬化層が比較的浅くてよく、高周波焼入れに要するエネルギーコストの上昇を抑制できる

と共に、熱処理条件も幅広く選定できるため、1台の高周波焼入れ装置が効率よく活用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる履帯用ブッシングの断面図である。

【図2】本発明に係わるブッシングの断面硬さ分布の模式図である。

【図3】本発明に係わるブッシングの残留応力分布の模式図である。

【図4】本発明に係わる建設機械などの履帯の概要図である。

【図5】実施例1に係わる外周面焼入れ後のブッシング粗加工材の断面硬さ分布図である。

【図6】実施例1に係わる最終製品でのブッシングの硬さ分布図である。

【図7】実施例1に係わるベンチ疲労試験結果を示す図である。

【図8】実施例2に係わる内周面の円周方向残留応力を示す図である。

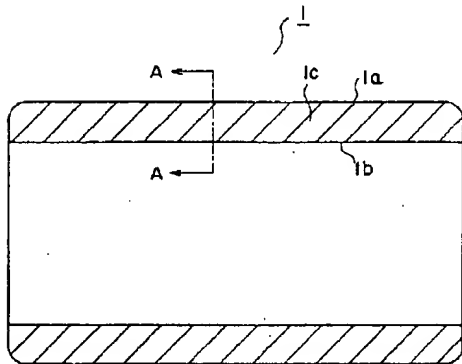
【図9】実施例2に係わる残留応力減衰率を示す図である。

【図10】従来の最終製品でのブッシングの硬さ分布図である。

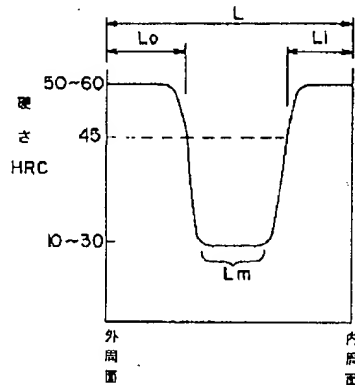
【符号の説明】

- 1 ブッシング
- 1 a 外周面
- 1 b 内周面
- 1 c 肉厚心部
- 1 l 履帯
- L ブッシング肉厚
- L o 外周硬化層厚さ
- L i 内周硬化層厚さ
- L m 素地部

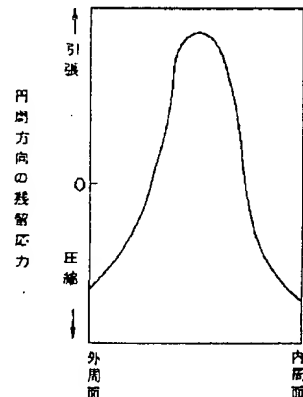
【図1】



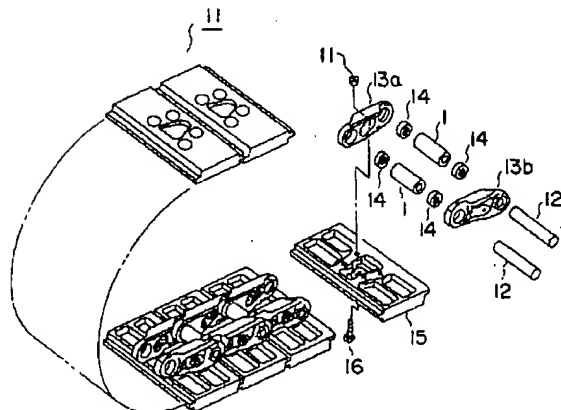
【図2】



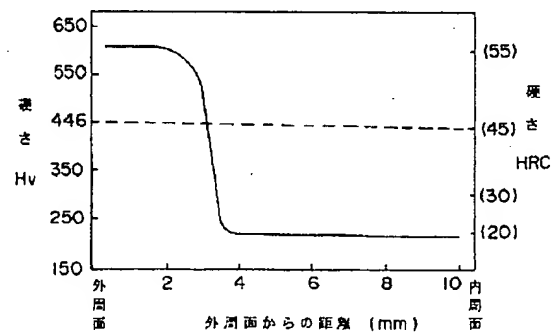
【図3】



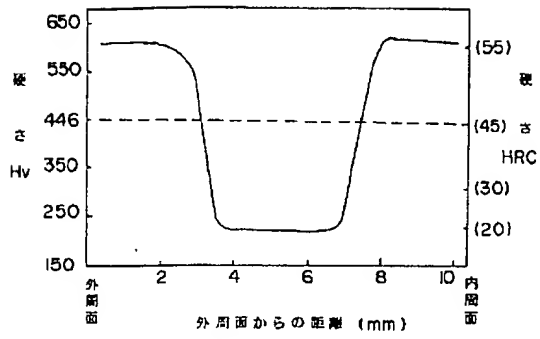
【図4】



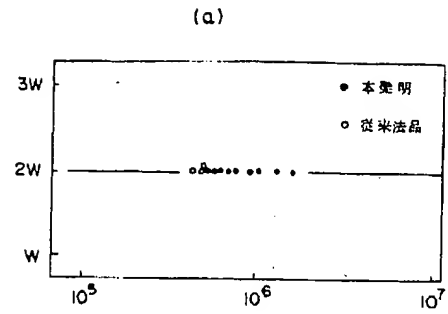
【図5】



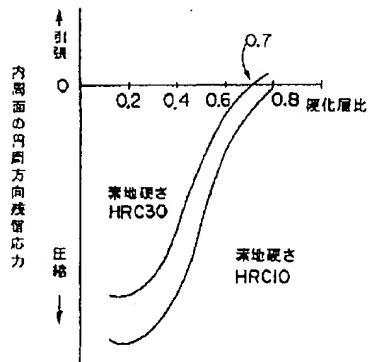
【図6】



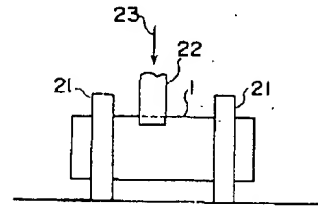
【図7】



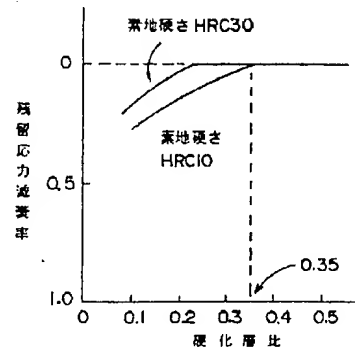
【図8】



(b)



【図9】



【図10】

